

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 888 868 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

07.01.1999 Patentblatt 1999/01

(51) Int. Cl.⁶: B29C 67/00, B29C 35/08

(21) Anmeldenummer: 98108586.3

(22) Anmeldetag: 12.05.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 30.06.1997 DE 19727677

(71) Anmelder:

HÜLS AKTIENGESELLSCHAFT
45764 Marl (DE)

(72) Erfinder:

• Dröschner, Michael, Prof. Dr.
46286 Dorsten (DE)

• Schmidt, Friedrich Georg, Dr.
45721 Haltern (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten, wobei pulverförmige, insbesondere polymere Substrate oder polymerisierbare

Monomere mittels Mikrowellenstrahlung behandelt werden.

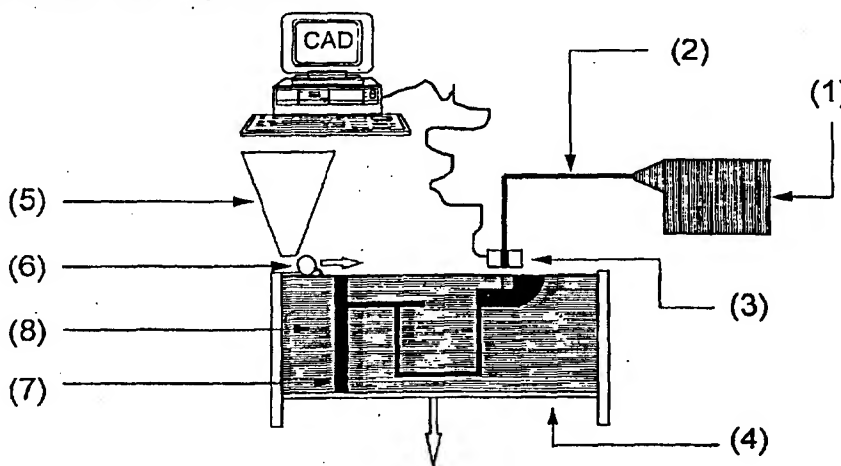


Fig. 1

EP 0 888 868 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten.

Der traditionelle Entwicklungsprozeß eines Produktes mit den schematischen Stufen Zeichnung - Modell - Modellverfeinerung - Design - Prototyp - Kleinserie - Serie ist für die immer kürzer werdenden Produktzyklen in der industriellen Fertigung vielfach zu langsam.

Es wurden daher Methoden entwickelt, um Produkte schneller und unter Umgehung handwerklicher Zwischenstufen von einer Konstruktionszeichnung zu einem Prototyp oder zu einer Kleinserie zu entwickeln. Diese Verfahren werden häufig unter den Begriffen "rapid prototyping" oder "fast free form manufacturing" zusammengefaßt.

Im Gegensatz zu formgebenden Verfahren, wie Fräsen oder Gießen, werden in Rapid Prototyping Systemen dreidimensionale Objekte durch kontrollierte und lokal begrenzte chemische Reaktionen (z. B. Polymerisation) oder physikalische Umwandlung (Schmelzen/Erstarren) aus Vorstufen des jeweiligen Materials ohne Verwendung von Hilfsmitteln wie Formen automatisiert gefertigt.

Einige Rapid Prototyping Systeme werden bereits industriell eingesetzt und sollen kurz skizziert werden.

1) Selektives Laser-Sintern

Bei Laser-Sinter-Verfahren (A. Gebhardt, "Rapid prototyping: Werkzeug für schnelle Produktentwicklung", Hauser Verlag, München, Wien 1996) werden pulverförmige Materialien, in der Regel Kunststoffe, mit einem Laser schichtweise zu einem Objekt verschmolzen. Die eingesetzten Pulver werden bis kurz unter den Schmelzpunkt des Materials vorgeheizt. Unter der Einwirkung des Laserstrahls verschmelzen (sintern) die Pulverkörner miteinander. Mit einer geeigneten Vorrichtung wird dann die erzeugte Schicht abgesenkt und auf die bereits erhärtete Schicht eine neue Schicht Pulver aufgebracht, die wiederum mit dem Laser zum Erzeugen der nächsten Objektschicht bearbeitet wird. Vorteil dieser Technik ist die breite Anwendbarkeit, da zumindest theoretisch alle schmelzbaren pulverförmigen Materialien eingesetzt werden können. Nachteilig ist die sehr raue Oberfläche der hergestellten Objekte und die schwierig einzustellende Energieabgabe des Lasers. Hohe Laserenergien führen nicht zu einem Sintervorgang, sondern zum unerwünschten vollständigen Schmelzen der Pulverkörner, d. h. zu einem weitgehenden Verlust der formgebenden Eigenschaften. Zu niedrige Energien lassen insbesondere die Schichten nicht ausreichend miteinander verschmelzen, so daß die mechanische Stabilität des hergestellten Produkts mangelhaft ist.

2) Thermische Stereolithographie

US-PSS 5 121 329 und 5 141 680 offenbaren Verfahren, bei denen ein thermoplastisches Material mittels einer Düse schichtweise aufgetragen wird. Das Material wird flüssig oder zumindest plastisch verformbar aus der Düse auf eine Stützkonstruktion oder auf bereits erkaltete Schichten aufgetragen und erstarrt in der gewünschten Form. In der US-PS 4 665 492 wird ein ähnliches Verfahren beschrieben; hier wird das verflüssigte Material mittels mindestens zwei unabhängiger Partikelkanonen aufgetragen.

Nachteilig an diesen Verfahren ist die extrem schwierige Kontrolle der Detailauflösung.

3) Stereolithographie/Photopolymerisation

Bei Photopolymerisationsverfahren (A. Gebhardt, "Rapid prototyping: Werkzeug für schnelle Produktentwicklung", Hauser Verlag, München, Wien 1996) werden flüssige Monomere oder Oligomere unter UV-Strahlung zu einem festen Polymer vernetzt. Die meist radikalische Polymerisation kann durch den Zerfall eines Photoinitiators gestartet und wieder gestoppt werden. Als Monomere kommen Acrylatmischungen oder Epoxyharze, als Lichtquellen UV-Laser oder UV-Lampen mit einer Maskenblende zum Einsatz.

Der Aufbau des Objektes erfolgt ebenfalls schichtweise. Nachdem eine Schicht photochemisch erzeugt und auspolymerisiert ist, wird neues Monomer auf die bestehende Schicht aufgetragen und strahleninduziert polymerisiert. Das Auftragen der neuen Monomerschicht kann beispielsweise durch Absenken der ausgehärteten Schicht in einem Vorratsbehälter des Monomeren erfolgen. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung dreidimensionaler Objekte mit komplexen Hohlräumen. Problematisch ist die Energiezufuhr durch einen Laser, da die eingetragene Energie von der Eindringtiefe, d. h. der Flächenenergie des Lasers, den optischen Eigenschaften der Monomerenmischung und der verwendeten Wellenlänge der Laserstrahlung abhängt.

Die im Stand der Technik beschriebenen Rapid-Prototyping-Verfahren weisen den gemeinsamen Nachteil der schwierigen Kontrolle der Energiezufuhr, sei es zum Schmelzen von Pulverpartikeln oder zur Initiierung von chemischen Reaktionen, auf. Besonders problematisch ist diese Kontrolle bei größeren Schichtdicken, da die lokale Energieintensität stark von der Eindringtiefe abhängt. Größere lokale Energieintensitäten, wie sie für größere Eindringtiefen benötigt werden, sind aber nur mit einer höheren thermischen oder strahlenchemischen Belastung des verwendeten Materials verbunden. Höhere Energieintensitäten oder eine entsprechende Verlängerung der Anwendungszeit der Energiezufuhr sind im Hinblick auf thermisch instabile Materialien häufig nicht erwünscht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein

Rapid-Prototyping-Verfahren bereitzustellen, mit dessen Hilfe dreidimensionale Objekte hergestellt werden können. Die zur Formgebung benötigte Energie soll weitgehend ohne thermische und/oder strahlenchemische Belastung des Substrates erfolgen.

Es wurde nun überraschenderweise gefunden, daß die zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in Rapid-Prototyping-Systemen benötigte Energie durch Mikrowellenstrahlung zugeführt werden kann.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Herstellung des dreidimensionalen Objektes benötigte Energie durch Mikrowellenstrahlung zugeführt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht einen schichtweisen, automatisierten Aufbau eines dreidimensionalen Objektes durch Mikrowellenbestrahlung eines geeigneten Substrats.

Weiterhin ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten; dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen Mikrowellengenerator umfaßt, der die zur Herstellung der dreidimensionalen Objekte benötigte Energie liefert.

Eine mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die zur Herstellung der dreidimensionalen Objekte benötigte Energie in Form von Mikrowellenstrahlung über eine in alle Raumrichtungen bewegliche Vorrichtung auf ein Substrat geleitet wird.

Eine andere Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist durch eine schichtweise Herstellung von dreidimensionalen Objekten gekennzeichnet, wobei die zur Herstellung der dreidimensionalen Objekte benötigte Energie in Form von Mikrowellenstrahlung über eine in x, y-Ebene bewegliche Vorrichtung auf ein Substrat, welches sich auf oder in einer in z-Richtung beweglichen Vorrichtung befindet, geleitet wird.

Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren so ausgeführt, das die bei der Herstellung der dreidimensionalen Objekte generierten Schichten untereinander verbunden sind.

Dies kann beispielsweise durch teilweises Verschmelzen der Schichten, durch einfache Adhäsion der Schichten untereinander oder durch Pfropfpolymerisation erfolgen.

Erster Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Bereitstellung der nötigen dreidimensionalen Information der Geometrie der herzustellenden Objekte. Dies kann durch computergestütztes Erstellen eines Konstruktionsplans oder durch Vermessen eines zu reproduzierenden Objektes und anschließende Verarbeitung der so erhaltenen Daten mit handelsüblichen CAD-Programmen (Computer aided design) wie z. B. AUTOCAD erfolgen. Diese Information muß nun, vorteilhaft mit dem gleichen CAD-Programm, in ein

Schichtmodell mit einer von der gewünschten Präzision des zu erzeugenden Objektes abhängenden Schichtdicke umgewandelt werden ("slicing"). Dieser Prozeß ist nicht nur auf die Generierung von mathematischen Schichten beschränkt, sondern umfaßt ebenso die Einführung von Stützfunktionen für konstruktiv schwache Bauteile oder verfahrensbedingte Verbindungen in Hohlräumen. Die so erzeugten Schichten sind üblicherweise 0,1 bis 3 mm dick und stellen die eigentliche Konstruktionsinformation für die Fertigungseinheit dar.

Anhand Figur 1 soll eine mögliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert werden.

Ein Mikrowellengenerator (1) liefert die Mikrowellenstrahlung über ein Leitungssystem (2) zu einem in der x, y-Ebene beweglichen Arm, der die Übertragungseinheit (3) für die Mikrowellenstrahlung trägt. Die als Mikrowellensonde ausgebildete Übertragungseinheit (3) kann gegebenenfalls eine Fokussierung der Mikrowellenstrahlung beinhalten. Der in z-Achse bewegliche Tisch (4) kann entsprechend der gewünschten und im Slicing-Vorgang berechneten Schichtdicke abgesenkt werden, während der bewegliche Arm (3) die Verteilung der Mikrowellenstrahlung in der Tischebene koordiniert. Das aus dem Vorratsbehälter (5) entnommene pulverförmige Substrat wird mittels einer Rakel (6) in einer definierten Schichtdicke in der Tischebene aufgetragen. Die Mikrowellensonde (3) überträgt dann die Mikrowellenstrahlung und erzeugt so schichtweise das dreidimensionale Objekt (7), das von nicht umgesetzten pulverförmigen Substrat (8) umgeben ist. Das nicht benötigte Substrat (8) kann, gegebenenfalls nach einer Aufbereitung (z. B. Sieben) wieder eingesetzt werden.

In einer anderen Variante der vorliegenden Erfindung ist der Tisch stationär ausgebildet, während der die Übertragungseinheit für die Mikrowellenstrahlung tragende Arm in alle Raumrichtungen beweglich ist.

Die beweglichen Teile der Vorrichtung (Mikrowellensonde (3) bzw. Tisch (4)) werden vorzugsweise vom CAD-Programm oder einem zusätzlichen Programm, das die CAD-Daten in eine entsprechende Robotik umwandelt, gesteuert.

Die für das erfindungsgemäße Verfahren erforderliche Mikrowellenstrahlung wird von einem externen Mikrowellengenerator erzeugt und liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 300 GHz. Die in industriellen Prozessen eingesetzte und einer staatlichen Freigabe unterliegenden Frequenzen betragen in der Regel 430 bis 6 800 MHz (Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol. 30, p. 202 ff., Marcel Dekker, N.Y.-Basel, 1989). Die vom externen Mikrowellensender ausgehende Strahlung wird gegebenenfalls polarisiert und/oder gefiltert und dem Substrat über den beweglichen Arm zugeführt. Zum Transport von Mikrowellenstrahlung eignen sich besonders Metallrohre oder innen und/oder außen metallbedampfte Glas- oder Kunststoffrohre (Encyclopedia of Science & Technology, McGraw-Hill, Vol. II, p. 159 ff., 6. Auflage 1987). Der Transport der Mikrowellenstrahlung erfolgt zweckmäßig

in flexiblen Rohren; denkbar sind jedoch auch kastenförmige Leitungssysteme. Der Durchmesser der Röhre sollte so gewählt sein, daß der Umfang größer als die Wellenlänge der eingesetzten Mikrowellenstrahlung ist. Der bewegliche Arm fungiert somit als Mikrowellen-sonde und kann gegebenenfalls Einrichtungen zur Fokussierung der Mikrowellenstrahlung besitzen.

Im erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Mikrowellenstrahlung im Frequenzbereich 430 bis 6800 MHz eingesetzt.

Die Mikrowellenstrahlung wird bevorzugt auf eine Strahlbreite von 0,1 bis 3 mm, besonders bevorzugt 0,3 bis 1 mm, fokussiert.

Die Strahlbreite legt gleichzeitig die minimalen Stegbreiten der dreidimensionalen Objekte fest.

Eine mögliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren, bei dem die dreidimensionalen Objekte durch mikrowelleninduziertes Verschmelzen eines pulverförmigen Substrats hergestellt werden.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren wird in einer Vorrichtung ausgeführt, mittels der die dreidimensionalen Objekte durch mikrowelleninduziertes Verschmelzen eines pulverförmigen Substrats hergestellt werden.

Das pulverförmige Substrat kann eine Körnung von 50 bis 100 µm aufweisen und enthält bevorzugt Polymere.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt neben dem Tisch und dem als Mikrowellensonde ausgebildeten beweglichen Arm eine Vorrichtung zum Auftragen einer definierten Menge des Substratpulvers auf die Objektebene. Dies kann mittels einer Auftragwalze, einer Rakel und/oder eines beweglichen Vorratsbehälters erfolgen (siehe Figur 1). Entscheidend für die Qualität des erzeugten Objekts ist die Auftragung einer gleichmäßigen Schichtdicke.

Im erfindungsgemäßen Verfahren können alle pulverförmigen Substrate eingesetzt werden, die durch Mikrowellenstrahlung erwärmt werden, also eine dipolare Grundstruktur aufweisen. Hierzu zählen Polymere wie Polyester, Polycarbonate, Polyamide, Polyurethane und/oder ABS-Copolymere (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer), aber auch mit diesen Polymeren beschichtete Keramik- oder Metallpulver. Weniger gut sind Polyolefine oder Polystyrol geeignet.

Die eingesetzten pulverförmigen Substrate sollten eine ausreichende Fließfähigkeit im erwärmten Zustand und eine monomodale oder bimodale Korngrößenverteilung aufweisen. Geeignet ist z. B. VESTOSINT® (Hüls AG, Marl).

Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet folgende Schritte, die zyklisch wiederholt werden:

- Aufbringen einer definierten Schicht Substratpulver,
- Mikrowellenbestrahlung dieser Schicht mittels der Mikrowellensonde zur Erzeugung einer Schicht des Objekts, die mit einer gegebenenfalls bereits erzeugten Objektschicht fest verbunden ist,

- Absenken des Tisches um eine Schichtdicke.

Ist der als Mikrowellensonde ausgeführte, bewegliche Arm in alle Raumrichtungen beweglich, kann der Tisch fest installiert werden. Dieses Verfahren beinhaltet den folgenden Zyklus:

- Aufbringen einer definierten Schicht Substratpulver,
- Mikrowellenbestrahlung dieser Schicht mittels der Mikrowellensonde zur Erzeugung einer Schicht des Objekts, die mit einer gegebenenfalls bereits erzeugten Objektschicht fest verbunden ist,
- Anheben der Mikrowellensonde um eine Schichtdicke.

Um mögliche unerwünschte chemische Reaktionen zu vermeiden, kann unter einem Schutzgas wie Argon oder Stickstoff unter Ausschluß von Sauerstoff und Wasser gearbeitet werden. Bei Substraten, die von Wasser nicht angegriffen werden, kann anhaftendes Wasser als Wärmetransmitter wirken und so den Wärmefluß weiter verbessern.

Der zum Aufschmelzen des pulverförmigen Substrats benötigte Energieeintrag kann minimiert werden, indem das Pulver bereits auf einige Grad (2 bis 5 K) unter die Schmelz- bzw. Glastemperatur vorgeheizt wird.

Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren, bei dem das Material eines dreidimensionalen Objekts durch eine mikrowelleninduzierte Polymerisation erhalten wird.

Diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in einer Vorrichtung ausgeführt, mittels der das Material der dreidimensionalen Objekte durch mikrowelleninduzierte Polymerisation erhalten wird.

Bei dieser Ausführungsform wird die Monomerenmischung oder ein geeignetes Präpolymere, gegebenenfalls mit Initiatoren, durch Mikrowellenstrahlung lokal schichtweise polymerisiert. Die auf diese Weise erhaltenen Schichten polymerisieren untereinander zu einem festen Verbund und bauen so das dreidimensionale Objekt auf.

Der Tisch der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist bei dieser Ausführungsform vorzugsweise innerhalb des Monomerenreservoirs ausgebildet, so daß die erzeugte Schichtdicke von der Höhe der über der Tischebene stehenden Monomerenmischung abhängt.

Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beinhaltet folgende Schritte, die zyklisch wiederholt werden:

- Absenken des Tisches um ein definiertes Maß unter die Oberfläche der Monomerenmischung,
- Mikrowellenbestrahlung dieser Schicht mittels der Mikrowellensonde zur Erzeugung einer Schicht des Objekts, die mit einer gegebenenfalls bereits erzeugten Objektschicht fest verbunden ist.

Eine mögliche Verfahrensalternative besteht darin, daß auf einen beweglichen Tisch verzichtet und eine in allen Raumrichtungen bewegliche Mikrowellensonde eingesetzt wird. Die Monomerenmischung wird so nachgeliefert, daß ein der gewünschten Schichtdicke entsprechender Überstand an Monomerenmischung über dem herzustellenden Objekt erzeugt wird.

Dieses Verfahren beinhaltet den folgenden Zyklus:

- Aufbringen einer definierten Schicht Monomerenmischung
- Mikrowellenbestrahlung dieser Schicht mittels der Mikrowellensonde zur Erzeugung einer Schicht des Objekts, die mit einer gegebenenfalls bereits erzeugten Objektschicht fest verbunden ist,
- Anheben der Mikrowellensonde um eine Schichtdicke.

Die zur mikrowelleninduzierten Polymerisation eingesetzten Monomerenmischungen können folgende Monomere enthalten: Acrylate, Vinylether und/oder Epoxyharze sowie geeignete Initiatoren wie z. B. Azobuttersäuredinitril oder Benzoylperoxid bzw. andere Initiatoren, die unter den Betriebstemperaturen eine Zerfallhalbwertszeit im Sekundenbereich aufweisen.

Weiterhin können die Monomerenmischung polymerisierbare Oligomere oder Präpolymere aus diesen Monomeren enthalten.

Insbesondere bei radikalischen Polymerisationen sollte unter einem Schutzgas wie Stickstoff oder Argon unter Ausschluß von Sauerstoff und Wasser gearbeitet werden.

Die vollständige Aushärtung des Objekts kann gegebenenfalls nach Abschluß der formgebenden Schritte unter UV-Strahlung durchgeführt werden.

Die erfindungsgemäße Verwendung von Mikrowellenstrahlung besitzt folgende Vorteile gegenüber z. B. Laserbestrahlung:

- Die Aufheizung des Substrats erfolgt durch direkte Absorption der Strahlung ("innere Reibung") und nicht rein thermisch. Lokale Überhitzungen können so vermieden werden.
- Die Eindringtiefe der Mikrowellen ist nur von den dielektrischen Eigenschaften und nicht von optischen Kenngrößen des Substrats abhängig. Füllstoffe sind somit unproblematisch zuschlagbar; auch sind größere Eindringtiefen als bei Laserverfahren realisierbar.
- Laser mit ausreichender Leistung (CO₂- oder YAG-Laser) sind sehr teuer. Ihre Leistungsabgabe ist nur in engen Frequenzbereichen und Intensitäten regelbar. Mikrowellengeneratoren sind einfach aufgebaut, daher preiswert und durch Frequenzweichen oder Verstärker über weite Bereiche in ihrer Leistungsabgabe regelbar.

In Kenntnis des Erfindungsgedankens erschließen sich dem Fachmann weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung wird durch das nachfolgende Beispiel näher erläutert, ohne darauf beschränkt zu sein:

Beispiel

In der durch Figur 1 beschriebenen Vorrichtung wird ein Bechermodell mit den Abmessungen Durchmesser 5 cm, Höhe 10 cm, Wandstärke 2 mm aus Polyamid 12-Pulver (VESTOSINT®, Fa. Hüls, Marl) hergestellt.

Als Wellenleiter wird ein auf der Innenseite metallisiertes, 2 mm dickes Kunststoffröhrchen (Wanddicke 0,2 mm), das in der x/y-Ebene positioniert wird eingesetzt. Die Vorrichtung wird mit trockenem Stickstoff gespült und hat eine Betriebstemperatur von 160 °C. Die Frequenz des Mikrowellengenerators beträgt 2450 MHz.

Patentansprüche

1. Verfahren zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Herstellung der dreidimensionalen Objekte benötigte Energie durch Mikrowellenstrahlung zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Herstellung der dreidimensionalen Objekte generierten Schichten untereinander verbunden sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die dreidimensionalen Objekte durch mikrowelleninduziertes Verschmelzen eines pulverförmigen Substrats hergestellt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das pulverförmige Substrat eine Körnung von 50 bis 100 µm aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das pulverförmige Substrat Polymere enthält.
6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das pulverförmige Substrat Polyester, Polycarbonate, Polyamide, Polyurethane und/oder ABS-Copolymere enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Material der dreidimensionalen Objekte
durch eine mikrowelleninduzierte Polymerisation
erhalten wird. 5
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die zur mikrowelleninduzierten Polymerisation
eingesetzten Monomerenmischungen Acrylate, 10
Vinylether und/oder Epoxyharze enthalten.
9. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1
bis 8,
dadurch gekennzeichnet, 15
daß Mikrowellenstrahlung im Frequenzbereich 430
bis 6 800 MHz eingesetzt wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1
bis 9,
dadurch gekennzeichnet, 20
daß die Mikrowellenstrahlung auf eine Strahlbreite
von 0,1 bis 3 mm fokussiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, 25
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mikrowellenstrahlung auf eine Strahlbreite
von 0,3 bis 1 mm fokussiert wird.
12. Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von drei- 30
dimensionalen Objekten,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Vorrichtung einen Mikrowellengenerator
umfaßt, der die zur Herstellung der dreidimensiona-
len Objekte benötigte Energie liefert. 35
13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die zur Herstellung der dreidimensionalen
Objekte benötigte Energie in Form von Mikrowel- 40
lenstrahlung über eine in alle Raumrichtungen
bewegliche Vorrichtung auf ein Substrat geleitet
wird.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, 45
dadurch gekennzeichnet,
daß die zur Herstellung der dreidimensionalen
Objekte benötigte Energie in Form von Mikrowel-
lenstrahlung über eine in x, y-Ebene bewegliche
Vorrichtung auf ein Substrat, welches sich auf oder 50
in einer in z-Richtung beweglichen Vorrichtung
befindet, geleitet wird.
15. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche
12 bis 14, 55
dadurch gekennzeichnet,
daß die dreidimensionalen Objekte durch mikrowel-
leninduziertes Verschmelzen eines pulverförmigen

Substrats hergestellt werden.

16. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche
12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Material der dreidimensionalen Objekte
durch mikrowelleninduzierte Polymerisation erhal-
ten wird.

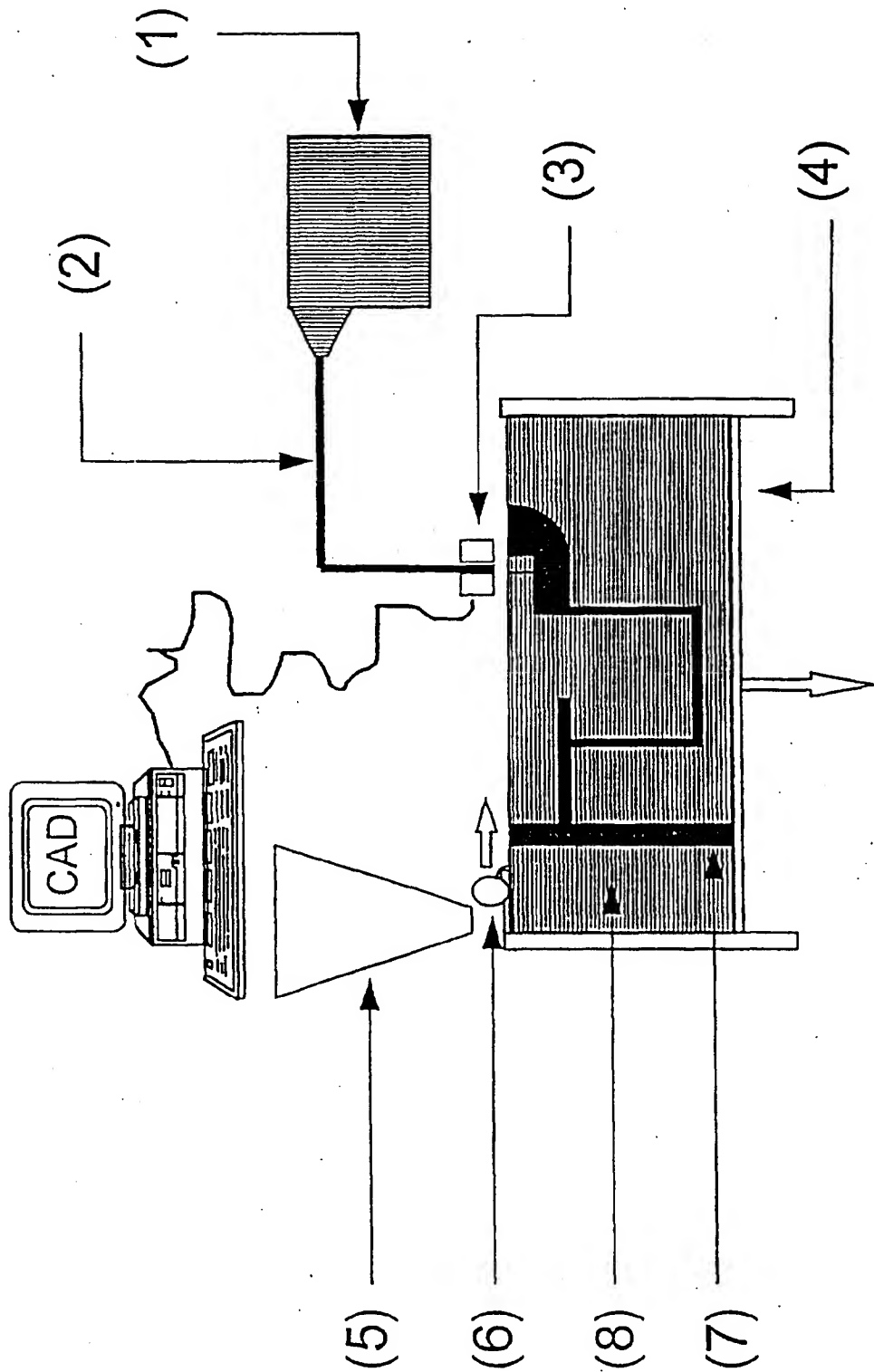


Fig. 1



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(88) Veröffentlichungstag A3:
14.02.2001 Patentblatt 2001/07

(51) Int. Cl.⁷: **B29C 67/00, B29C 35/08**

(43) Veröffentlichungstag A2:
07.01.1999 Patentblatt 1999/01

(21) Anmeldenummer: **98108586.3**

(22) Anmeldetag: **12.05.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Degussa-Hüls Aktiengesellschaft
60287 Frankfurt am Main (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dröscher, Michael, Prof. Dr.
46286 Dorsten (DE)**
• **Schmidt, Friedrich Georg, Dr.
45721 Haltern (DE)**

(30) Priorität: **30.06.1997 DE 19727677**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten, wobei pulverförmige, insbesondere polymere Substrate oder polymerisierbare

Monomere mittels Mikrowellenstrahlung behandelt werden.

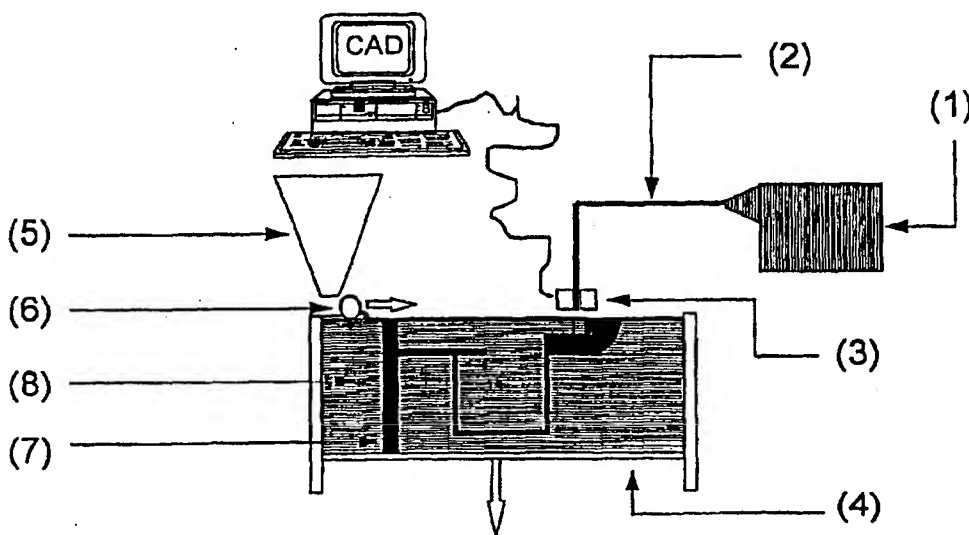


Fig. 1

EP 0 888 868 A3



**Europäisches
Patentamt**

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 10 8586

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cls)
X	EP 0 431 924 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 12. Juni 1991 (1991-06-12)	1,2,9,12	B29C67/00 B29C35/08
Y	* Spalte 9, Zeile 44 - Zeile 58; Abbildungen *	3-5, 13-15	
Y	EP 0 231 588 A (POROUS PLASTICS LTD) 12. August 1987 (1987-08-12) * das ganze Dokument *	3-5,15	
Y	US 4 392 039 A (RISMAN PER O) 5. Juli 1983 (1983-07-05) * das ganze Dokument *	13,14	
X	US 5 217 656 A (BUCKLEY DANIEL T ET AL) 8. Juni 1993 (1993-06-08) * das ganze Dokument *	1,2,7,9, 12-14,16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cls)
			B29C G03C B32B H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenamt DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 20. Dezember 2000	Prüfer Mathey, X
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument * : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 10 8586

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Daten des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-12-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0431924 A	12-06-1991	US 5204055 A	20-04-1993
		CA 2031562 A,C	09-06-1991
		DE 69025147 D	14-03-1996
		DE 69025147 T	05-09-1996
		JP 2729110 B	18-03-1998
		JP 6218712 A	09-08-1994
		US 5340656 A	23-08-1994
		US 6036777 A	14-03-2000
		US 5807437 A	15-09-1998
		US 5387380 A	07-02-1995
EP 0231588 A	12-08-1987	GB 2182599 A	20-05-1987
		AT 52728 T	15-06-1990
		AU 589693 B	19-10-1989
		AU 6420586 A	14-05-1987
		CA 1317734 A	18-05-1993
		CN 86108301 A,B	01-07-1987
		DE 3671191 D	21-06-1990
		DK 529986 A	08-05-1987
		GR 3000493 T	28-06-1991
		IN 171966 A	20-02-1993
		IN 168883 A	06-07-1991
		JP 2055657 C	23-05-1996
		JP 7073885 B	09-08-1995
		JP 62124931 A	06-06-1987
		PT 83692 A,B	01-12-1986
US 4392039 A	05-07-1983	SE 417780 B	06-04-1981
		DE 3101641 A	14-01-1982
		GB 2074826 A,B	04-11-1981
US 5217656 A	08-06-1993	CA 2089826 A	19-08-1994
		EP 0620091 A	19-10-1994
		JP 2839812 B	16-12-1998
		JP 6270143 A	27-09-1994
		US 5364258 A	15-11-1994
		US 5487853 A	30-01-1996
		US 5827392 A	27-10-1998

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82